

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(51) Int.Cl.⁷H 0 4 L 27/227
27/22

識別記号

F I

H 0 4 L 27/22

データベース(参考)

B 5 K 0 0 4

Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平11-361301

(22) 出願日

平成11年12月20日 (1999. 12. 20)

(71) 出願人 000001122

株式会社日立国際電気

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72) 発明者 小林 岳彦

東京都小平市御幸町32番地 日立電子株式
会社開発研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外1名)

Fターム(参考) 5K004 AA05 FH01 FJ06 FJ14

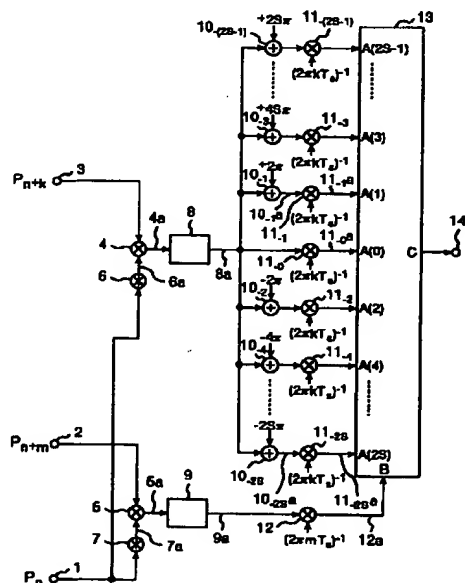
(54) 【発明の名称】 周波数偏差検出器および周波数偏差検出方法

(57) 【要約】

【課題】 広い周波数範囲で高い精度の周波数偏差の検出を実現した周波数偏差検出器および周波数偏差検出方法を提供する。

【解決手段】 異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の所定のシンボル信号間の位相差信号を求める第1の手段と、時間間隔が長い異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の所定のシンボル信号間の位相差信号を求める第2の手段と、第2の手段から入力された位相差信号に、所定の係数を乗算して1つの周波数偏差信号の候補を求める第3の手段と、第2の手段から入力された位相差信号に、 $2q\pi$ ラジアン ($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数) の位相差信号を加算し、所定の係数を乗算して複数の周波数偏差信号の候補を求める第4の手段と、第1の手段から入力された位相差信号に、所定の係数を乗算して周波数偏差信号を求める第5の手段と、第3、第4の手段から入力される複数の周波数偏差信号の候補の中から、第5の手段から入力される周波数偏差信号に最も近い周波数偏差信号を選択し出力する比較選択手段とを有する。

図 1



1, 2, 3...受信信号入力端子 4, 5...遅延要素 6, 7...乗算要素
8, 9...位相差算出 10...加算器 11, 12...乗算器 13...比較選択器
14...周波数偏差信号出力端子

1.

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 受信信号が入力される受信機の周波数偏差検出器であって、

異なる時刻に受信された複数の受信信号を入力し、異なる複数の時間間隔の位相差信号をそれぞれ求める複数の位相差算出手段と、

該位相差算出手段が算出した位相差信号の中で、最も長い時間間隔の位相差信号に、 $2q\pi$ ラジアン ($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数) をそれぞれ加算した周波数偏差候補列を求める周波数偏差候補算出手段と、

前記位相差算出手段が算出した位相差信号の中で、最も短い時間間隔の位相差信号から周波数偏差情報を求める周波数偏差情報算出手段とを備え、

前記周波数偏差候補列の中から、前記周波数偏差情報に最も近い値の周波数偏差候補の周波数偏差値を、周波数偏差信号として出力することを特徴とする周波数偏差検出器。

【請求項 2】 異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の所定のシンボル信号間の位相差信号を求める第 1 の手段と、

前記異なる時刻より時間間隔が長い異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の所定のシンボル信号間の位相差信号を求める第 2 の手段と、

該第 2 の手段から入力された位相差信号に、所定の係数を乗算して 1 つの周波数偏差信号の候補を求める第 3 の手段と、

前記第 2 の手段から入力された位相差信号に、 $2q\pi$ ラジアン ($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数) の位相差信号を加算し、さらに、所定の係数を乗算して複数の周波数偏差信号の候補を求める第 4 の手段と、

前記第 1 の手段から入力された位相差信号に、所定の係数を乗算して周波数偏差信号を求める第 5 の手段と、

前記第 3 および第 4 の手段から入力される複数の周波数偏差信号の候補の中から、前記第 5 の手段から入力される周波数偏差信号に最も周波数偏差が近い周波数偏差信号を選択し出力する比較選択手段とを有し、

複数の周波数偏差信号の候補の中から最も周波数偏差が近い周波数偏差信号をより正確な周波数偏差信号として出力することを特徴とする周波数偏差検出器。

【請求項 3】 請求項 1 記載の周波数偏差検出器において、

第 1 の手段と第 2 の手段とは、時間間隔が異なる時刻に受信された二組のデジタル受信信号の所定のシンボル信号のいずれかを同一の所定のシンボル信号に設定し、3 つの所定のシンボル信号を使用して位相差信号を求めること特徴とする周波数偏差検出器。

【請求項 4】 請求項 1 および請求項 2 記載の周波数偏差検出器において、

第 1 の手段と第 2 の手段とは、時間間隔が異なる時刻に受信された二組のデジタル受信信号の一つの組のフレ

2

ーム内に挿入された 2 つの所定のシンボル信号と、つぎの組のフレーム内に挿入された 1 つの所定のシンボル信号とを使用して位相差信号を求めることを特徴とする周波数偏差検出器。

【請求項 5】 異なる時刻に受信された複数の受信信号を入力し、異なる複数の時間間隔の位相差信号をそれぞれ求め、最も長い時間間隔で求めた位相差信号に、 $2q\pi$ ラジアン ($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数) を加算した周波数偏差候補列を求め、

最も短い時間間隔の位相差信号から周波数偏差情報を求め、

前記周波数偏差候補列の中から、前記周波数偏差情報に最も近い値の周波数偏差候補の周波数偏差値を、周波数偏差信号として出力することを特徴とする周波数偏差検出方法。

【請求項 6】 異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の時間間隔が異なる二組の所定のシンボル信号間の位相差信号を求め、

時間間隔が長い一組から求めた位相差信号に $2q\pi$ ラジアン ($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数) の位相差信号を加算し、さらに、所定の係数を乗算して複数の周波数偏差信号の候補を求め、

前記時間間隔が長い一組から求めた位相差信号に所定の係数を乗算して 1 つの周波数偏差信号の候補を求め、

時間間隔が短い一組から求めた位相差信号に所定の係数を乗算して 1 つの周波数偏差信号を求め、

前記時間間隔が長い一組から求めた 1 つのおよび複数の周波数偏差信号の候補の中から、前記時間間隔が短い一組から求めた周波数偏差信号に最も周波数偏差が近い周波数偏差信号を選択し、より正確な周波数偏差信号として出力することを特徴とする周波数偏差検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル無線機などにおいて、受信したデジタル変調信号を復調するときに使用する再生搬送波信号の周波数を、送信側の搬送波周波数と一致させるために使用する搬送波周波数の偏差を検出する周波数偏差検出器および周波数偏差検出方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】情報の通信において、例えば、音声、映像、データなどの情報信号を送信する場合、伝送したい情報信号で所要周波数の搬送波信号を変調し、変調された搬送波を送信し、送信されてきた変調搬送波を受信し、受信した変調搬送波信号の周波数と同一周波数の搬送波信号で変調搬送波信号を復調し、伝送されてきた情報信号を取り出していることは周知のことであり、アナログ通信、デジタル通信いずれにおいても同様に行なわれている。このような受信した変調搬送波信号の復調において、特に、デジタル通信の場合は、受信した変

調搬送波信号の搬送波周波数を忠実に再生して復調に使用するため、自動周波数制御 (AFC: Automatic Frequency Control) の技術が重要なものとなる。この変調搬送波信号の復調において重要な自動周波数制御について、図3および図4を使用して従来技術を説明する。図3は、送信信号として送信されてきた所要周波数の変調搬送波を受信した受信信号から、ベースバンド信号 (等価低域信号) の成分を抽出する復調部の構成の一般的な例を示したブロック図である。

【0003】図3において、31は、受信した所要周波数の変調搬送波信号の信号入力端子、47は、周波数偏差電圧で発振周波数を制御された再生搬送波信号を出力する電圧制御発振器 (VCO)、32は、所要周波数の変調搬送波信号を再生搬送波信号により同期検波しベースバンド信号のI成分 (同相成分) 信号とQ成分 (直交成分) 信号とを出力する同期検波器、33および34は、同期検波器32で同期検波されたベースバンド信号のI成分信号とQ成分信号それぞれの雑音などを除去する低域通過フィルタ (LPF)、35および36は、雑音などを除去したベースバンド信号のI成分信号とQ成分信号それぞれをデジタル信号化するA/D変換器、37および38はデジタル信号化されたベースバンド信号のI成分信号とQ成分信号それぞれの不要成分除去と波形整形を行なう受信フィルタ、39および40は、不要成分除去と波形整形を行なったベースバンド信号のI成分信号とQ成分信号それぞれのシンボル識別点を抽出するサンプラ、41は、ベースバンド信号のI成分信号から抽出したシンボル識別点の出力端子、42は、ベースバンド信号のQ成分信号から抽出したシンボル識別点の出力端子、43は、抽出したI成分信号とQ成分信号の抽出したシンボル識別点から搬送波の周波数と電圧制御発振器47で再生する発振周波数との周波数偏差信号を検出する周波数偏差検出器、44は、周波数偏差検出器43で検出した周波数偏差信号に所要の係数を乗算する乗算器、45は、所要の係数を乗算した周波数偏差信号が持つ不要変動成分を除去するループフィルタ、46は、不要変動成分を除去した周波数偏差信号を積分し周波数偏差電圧とする積分器を示す。

【0004】つぎに、図3に示す従来技術の復調部の動作を説明する。受信した搬送波周波数 f_c の受信信号は、受信信号入力端子31を介して同期検波器32に入力される。同期検波器32は、受信信号入力端子31を介して入力された搬送波周波数 f_c の受信信号を、別途、電圧制御発振器47から入力される再生搬送波周波数 $f_{c'}$ の再生搬送波信号54を基準として、ベースバンドの複素信号のI成分 (同相成分) 信号とQ成分 (直交成分) 信号とを同期検波し、同期検波したI成分信号48aとQ成分信号49aとを、それぞれ低域通過フィルタ33と低域通過フィルタ34とへ出力する。低域通過フィルタ33と低域通過フィルタ34とは、同期検波

器32からそれぞれに入力されるベースバンドの複素信号のI成分信号48aとQ成分信号49aとから高調波成分、雑音等の不要成分を除去し、不要成分を除去したI成分信号48bとQ成分信号49bとを、それぞれA/D変換器35とA/D変換器36とへ出力する。

【0005】A/D変換器35とA/D変換器36とは、低域通過フィルタ33と低域通過フィルタ34とからそれぞれに入力される不要成分を除去したベースバンドの複素信号のI成分信号48bとQ成分信号49bとを、デジタル信号に変換し、デジタル信号化されたI成分信号48cとQ成分信号49cとをそれぞれ受信フィルタ37と受信フィルタ38とへ出力する。受信フィルタ37と受信フィルタ38とは、A/D変換器35とA/D変換器36とからそれぞれに入力されるデジタル信号化されたベースバンドの複素信号のI成分信号48cとQ成分信号49cとから不要成分を除去するとともに波形整形を行ない、不要成分除去と波形整形をされたデジタル信号のI成分信号48dとQ成分信号49dとを、それぞれサンプラ39とサンプラ40とへ出力する。サンプラ39とサンプラ40とは、受信フィルタ37と受信フィルタ38とからそれぞれに入力される不要成分除去と波形整形をされたデジタル信号のベースバンドの複素信号のI成分信号48dとQ成分信号49dとからシンボル識別点を抽出し、抽出したI成分信号48eとQ成分信号49eとのシンボル識別点を、それぞれ周波数偏差検出器43へ出力するとともに、I成分信号出力端子41とQ成分信号出力端子42とを介して他の回路へ出力する。

【0006】周波数偏差検出器43は、サンプラ39とサンプラ40とから入力されたベースバンドの複素信号のI成分信号48dとQ成分信号49dとのシンボル識別点から、受信信号の搬送波周波数 f_c と電圧制御発振器47で再生する搬送波信号の周波数 $f_{c'}$ との周波数偏差 Δf の信号を検出し、検出した周波数偏差 Δf の信号50を乗算器44へ出力する。乗算器44は、周波数偏差検出器43から入力された周波数偏差信号50に、別途、入力された係数 b (負の定数) を乗算し、係数 b を乗算した周波数偏差信号51をループフィルタ45へ出力する。ループフィルタ45は、乗算器44から入力された係数 b を乗算した周波数偏差信号51の受信信号となった段階で混入している雑音に起因する変動成分などを除去し、変動成分などを除去した係数 b を乗算した周波数偏差信号52を積分器46へ出力する。積分器46は、ループフィルタ45から入力された不要な変動成分などを除去し係数 b を乗算した周波数偏差信号52を積分して周波数偏差電圧53とし、積分して得た周波数偏差電圧53を電圧制御発振器47へ出力する。電圧制御発振器47は、積分器46から入力された周波数偏差電圧53により発振周波数を制御され、周波数偏差電圧53により制御された再生搬送波周波数 $f_{c'}$ の再生

搬送波信号54を同期検波器32へ出力する。

【0007】さらに、受信信号入力端子31に入力された搬送波周波数 f_c の受信信号が、QPSK変調(Quadrature Phase Shift Keying: 直交位相変調)されている場合を例に、図4を使用して、受信した変調搬送波信号の周波数と電圧制御発振器で発振した再生搬送波信号との間に周波数偏差 Δf が発生したときの影響について説明をする。図4は、送信、あるいは、受信された信号の配置を示した図であり、55はI成分(同相成分)軸、56はQ成分(直交成分)軸を示している。QPSK変調の場合、伝送される情報に対応して、符号57a~57dで示す信号のいずれかが、シンボル送信周期 T_s の間隔で送信される。このようなQPSK変調信号の送信側の配置に対して、図3に示す変調部のI成分出力端子41およびQ成分出力端子42でI成分信号およびQ成分信号を観測したとき、理想的な伝送や復調が行なわれたとすると、周波数偏差 Δf が0であれば、送信シンボルと同様の受信シンボルが現れ、正しい復号を行なうことが可能となる。ところが、周波数偏差 Δf が発生して、周波数偏差 Δf がある程度の値を持つと、×印で示されるように周波数偏差 Δf の値に応じて位相の回転が発生し、図4における判定境界であるI成分軸55、あるいは、Q成分軸56を越えてしまい復号誤りの原因となる。

【0008】このような周波数偏差 Δf の発生による復号誤りを防止するため、周波数偏差 Δf を検出し、電圧制御発振器47の発振周波数 f_c' を制御する自動周波数制御回路が十分に機能する必要がある。この自動周波数制御回路を構成する重要な要素の一つが周波数偏差検出器であり、様々な手段が提案されているが、その中で時刻の異なる複数の信号の位相差を求めて周波数偏差を得る手段は、比較的簡便で基本的な手段である。以下に、その原理を説明する。図5(a)は、シンボル間隔 T_s (単位: 秒)の伝送されてきた受信信号系列を示す。この受信信号系列の中で、 n 番目のシンボル P_n および $n+k$ 番目のシンボル P_{n+k} は既知の同一符号の信号が送信されているものと仮定する。なお、この仮定は、二つの符号が異なる符号の場合でも、簡単な演算によって位相を回転することにより、一般性を失うことなく成立する。このとき、受信信号に含まれる雑音成分が十分に小さく、伝搬路特性の時間変動が十分に緩やかであれば、図5(b)に示す2つの信号点 P_n および P_{n+k} の位相差 $\Delta\theta$ (ラジアン)は周波数偏差 Δf (ヘルツ)に起因し、下記(1)式で表わすことができる関係にある。

$$\Delta\theta = 2\pi \cdot \Delta f \cdot kT_s \quad \dots\dots (1)$$

したがって、 $\Delta\theta$ を求めることによって、下記(2)式から周波数偏差 Δf を求めることができる。

【数1】

$$\Delta f = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\Delta\theta}{kT_s} \right) \quad \dots\dots (2)$$

【0009】以上述べた原理にもとづく、従来技術による周波数偏差検出器のブロック図を図6に示す。図6において、61は受信信号 P_{n+k} の入力端子、62は受信信号 P_n の入力端子、63は、受信信号 P_n の共役演算を行なう共役演算器、64は、受信信号 P_n の共役演算信号と受信信号 P_{n+k} との複素積を演算する複素乗算器、65は、複素積信号について位相信号を演算する位相演算器、66は、位相信号と係数との乗算をする乗算器、67は周波数偏差信号の出力端子を示す。

【0010】図6に示す従来技術による周波数偏差検出器の動作を説明する。時刻 n において、受信信号 P_n は受信信号入力端子62を介して共役演算器63に入力され、時刻 $n+k$ において、受信信号 P_{n+k} は受信信号入力端子61を介して複素乗算器64に入力される。共役演算器63は、受信信号入力端子62を介して入力された受信信号 P_n の共役演算を行ない、算出した共役演算信号を複素乗算器64へ出力する。複素乗算器64は、共役演算器63から入力された共役演算信号と、受信信号入力端子61から入力された受信信号 P_{n+k} とで複素積を演算し、算出した複素積信号を位相演算器65へ出力する。位相演算器65は、複素乗算器64から入力された複素積信号について位相を演算し、算出した位相信号を乗算器66へ出力する。この位相演算器65で算出した位相は、受信信号 P_{n+k} と受信信号 P_n との位相差 $\Delta\theta$ となる位相差信号である。乗算器66は、位相演算器65から入力された位相差 $\Delta\theta$ (ラジアン)の位相差信号に、別途、入力された係数 $(2\pi kT_s)^{-1}$ を乗算して周波数偏差 Δf (ヘルツ)の周波数偏差信号を算出し、算出した周波数偏差信号を周波数偏差信号出力端子67から他の回路へ出力する。

【0011】ところで、図6に示す周波数偏差検出器では、二つの受信信号の間隔である k は、検出可能な最大周波数偏差を制限するパラメータとなると同時に、雑音などによる位相差 $\Delta\theta$ への誤差の影響を左右する。この点について、以下に説明する。周波数偏差検出器で演算される位相差 $\Delta\theta$ は、通常、 $-\pi \leq \Delta\theta < \pi$ (ラジアン)の範囲にあることから、図5(b)の符号71で示した軌跡の他にも、例えば符号72で示した軌跡のように一周以上回転した位相や、符号73で示した軌跡のように逆回転した位相も同様に演算され、これらを個別に識別することはできない。これらの場合の正しい位相は、下記(3)式、(4)式で表すことができ、

$$\Delta\theta = \Delta\theta + 2\pi \quad \dots\dots (3)$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta - 2\pi \quad \dots\dots (4)$$

一般的には、下記(5)式となる。

$$\Delta\theta = \Delta\theta + 2q\pi \quad \dots\dots (5)$$

但し、 q は任意の整数

50 【0012】このような不確定要素を排除するために

7. は、真の位相回転量が $-\pi \leq \Delta \theta < \pi$ (ラジアン) を超えないことが条件となる。このためには、周波数偏差 Δf が、下記(6)式に示す範囲内にあることが必要であり、下記(6)式に示す値が検出可能な周波数偏差の最大値となる。

【数2】

$$|\Delta f| < \frac{1}{2kT_s} \dots \dots \dots (6)$$

換言すると、より大きな周波数偏差 Δf を検出しようとする場合、2つのシンボルの間隔 k を小さくする必要がある

$$\Delta f = \frac{1}{2\pi} \left[\left(\frac{\Delta \theta'}{kT_s} \right) + \left(\frac{\epsilon}{kT_s} \right) \right] = \Delta f' + \frac{1}{2\pi} \left(\frac{\epsilon}{kT_s} \right) \dots \dots (8)$$

つまり、2シンボルの間隔 k を大きくとれば、雑音などによる演算誤差を小さくすることができる。上述したように、従来技術による周波数偏差検出器は、検出対象とする周波数偏差の最大値と、要求される測定精度とは二律背反の関係にあり、どちらを重視するかによって適切に k を設定する必要がある。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】 デジタル通信機の復調部に使用する周波数偏差検出器であって、異なる時刻に入力された複数の受信信号の位相差から周波数偏差を検出する従来技術の周波数偏差検出器は、 $2q\pi$ ラジアン($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数)回転した位相を持つ受信信号の位相差から周波数偏差を検出したことを識別することはできないため、周波数偏差を検出する受信信号の位相差の範囲が制限される。周波数偏差の検出範囲を拡大するためには、位相差を求める複数の受信信号の時間間隔を小さくすれば良いが、位相差を求めるときに雑音等による誤差の影響を受けてしまうことになる。より大きな周波数偏差を検出するための条件と、雑音等の影響を小さくするための条件とが原理的に相反するという関係にあり、広い周波数範囲で高い精度の周波数偏差の検出を実現することが困難であった。本発明は、前記問題を解決し、広い周波数範囲で高い精度の周波数偏差の検出を実現した周波数偏差検出器および周波数偏差検出方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するため、本発明の周波数偏差検出器は、受信信号が入力される受信機の周波数偏差検出器であって、異なる時刻に受信された複数の受信信号を入力し、異なる複数の時間間隔の位相差信号をそれぞれ求める複数の位相差算出手段と、該位相差算出手段が算出した位相差信号の中で、最も長い時間間隔の位相差信号に、 $2q\pi$ ラジアン($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数)をそれぞれ加算した周波数偏差候補列を求める周波数偏差候補算出手段と、前記位相差算出手段が算出した位相差信号の中で、最も短い時間間隔の位相差信号から周波数偏差情報を求める周波数偏差情報算出手段とを備え、前記周波数偏差候補列

あるということになる。一方、演算された位相差信号 $\Delta \theta$ には誤差が含まれており、2つのシンボルの間隔 k を小さくすると誤差の影響を受け易くなる。すなわち、位相差信号 $\Delta \theta$ は、位相差 $\Delta \theta$ の真の値を位相差 $\Delta \theta'$ 、誤差を ϵ とすると、下記(7)式となる。

$$\Delta \theta = \Delta \theta' + \epsilon \dots \dots \dots (7)$$

したがって周波数偏差 Δf の値は、周波数偏差 Δf の真の値を周波数偏差 $\Delta f'$ とすると、下記(8)式となる。

【数3】

の中から、前記周波数偏差情報に最も近い値の周波数偏差候補の周波数偏差値を、周波数偏差信号として出力するものである。

【0015】 また、本発明の周波数偏差検出器は、異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の所定のシンボル信号間の位相差信号を求める第1の手段と、前記異なる時刻より時間間隔が長い異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の所定のシンボル信号間の位相差信号を求める第2の手段と、該第2の手段から入力された位相差信号に、所定の係数を乗算して1つの周波数偏差信号の候補を求める第3の手段と、前記第2の手段から入力された位相差信号に、 $2q\pi$ ラジアン($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数)の位相差信号を加算し、さらに、所定の係数を乗算して複数の周波数偏差信号の候補を求める第4の手段と、前記第1の手段から入力された位相差信号に、所定の係数を乗算して周波数偏差信号を求める第5の手段と、前記第3および第4の手段から入力される複数の周波数偏差信号の候補の中から、前記第5の手段から入力される周波数偏差信号に最も周波数偏差に近い周波数偏差信号を選択し出力する比較選択手段とを有し、複数の周波数偏差信号の候補の中から最も周波数偏差に近い周波数偏差信号をより正確な周波数偏差信号として出力するものである。さらに詳しくは、本発明の周波数偏差検出器は、第1の手段と第2の手段とが、時間間隔が異なる時刻に受信された二組のデジタル受信信号の所定のシンボル信号のいずれかを同一の所定のシンボル信号に設定し、3つの所定のシンボル信号を使用して位相差信号を求めるものである。また、本発明の周波数偏差検出器は、第1の手段と第2の手段とが、時間間隔が異なる時刻に受信された二組のデジタル受信信号の一つの組のフレーム内に挿入された2つの所定のシンボル信号と、つぎの組のフレーム内に挿入された1つの所定のシンボル信号とを使用して位相差信号を求めるものである。

【0016】 また、本発明の周波数偏差検出方法は、異なる時刻に受信された複数の受信信号を入力し、異なる複数の時間間隔の位相差信号をそれぞれ求め、最も長い時間間隔で求めた位相差信号に、 $2q\pi$ ラジアン($q =$

$-z \sim +z$ 、ただし z は自然数) を加算した周波数偏差候補列を求め、最も短い時間間隔の位相差信号から周波数偏差情報を求め、前記周波数偏差候補列の中から、前記周波数偏差情報に最も近い値の周波数偏差候補の周波数偏差値を、周波数偏差信号として出力する方法である。また、本発明の周波数偏差検出方法は、異なる時刻に受信された複数のデジタル受信信号の時間間隔が異なる二組の所定のシンボル信号間の位相差信号を求め、時間間隔が長い一組から求めた位相差信号に $2q\pi$ ラジアン ($q = -z \sim +z$ 、ただし z は自然数) の位相差信号を加算し、さらに、所定の係数を乗算して複数の周波数偏差信号の候補を求め、前記時間間隔が長い一組から求めた位相差信号に所定の係数を乗算して 1 つの周波数偏差信号の候補を求め、時間間隔が短い一組から求めた位相差信号に所定の係数を乗算して 1 つの周波数偏差信号を求め、前記時間間隔が長い一組から求めた 1 つのおよび複数の周波数偏差信号の候補の中から、前記時間間隔が短い一組から求めた周波数偏差信号に最も周波数偏差に近い周波数偏差信号を選択し、より正確な周波数偏差信号として出力する方法である。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明による周波数偏差検出器および周波数偏差検出方法の実施形態の一例を説明する。図 1 は、本発明による周波数偏差検出器の一実施例を示すブロック図である。図 1 において、1 は受信信号 P_n の入力端子、2 は受信信号 P_{n+m} の入力端子、3 は受信信号 P_{n+k} の入力端子、7 は、受信信号 P_n の共役演算を行なう共役演算器、5 は、受信信号 P_n の共役演算信号と受信信号 P_{n+m} との複素積を演算する複素乗算器、6 は、受信信号 P_n の共役演算を行なう共役演算器、4 は、受信信号 P_n の共役演算信号と受信信号 P_{n+k} との複素積を演算する複素乗算器、9 は、複素乗算器 5 から入力される複素積信号について位相信号を演算する位相演算器、12 は、位相演算器 9 から入力される位相信号と、別途、入力される係数との乗算を行なう乗算器、8 は、複素乗算器 4 から入力される複素積信号について位相信号を演算する位相演算器、10-h ($h = 1, 2, \dots, 2s$) は、位相演算器 8 から入力される位相信号に、別途、入力される位相信号の加算を行なう加算器、11-0 は、位相演算器 8 から入力される位相信号と、別途、入力される係数との乗算を行なう乗算器、11-h ($h = 1, 2, \dots, 2s$) は、複数の加算器 10-h から入力される位相信号に、別途、入力される係数との乗算を行なう複数の乗算器、13 は、複数の入力端子に入力される位相差信号を比較選択し周波数偏差信号を出力する比較選択器、14 は周波数偏差信号出力端子を示す。

【0018】つぎに、本発明による周波数偏差検出器の動作を説明する。受信信号入力端子 1 には時刻 n の受信信号 P_n が、受信信号入力端子 2 には時刻 $n+m$ の受信

信号 P_{n+m} が、受信信号入力端子 3 には時刻 $n+k$ の受信信号 P_{n+k} が入力される。なお、 $m < k$ であり、さらに、いずれも同一のシンボルの信号が伝送されてくるものとする。時刻 n において、受信信号 P_n は、受信信号入力端子 1 を介して共役演算器 7 と共役演算器 6 とに入力される。時刻 $n+m$ において、受信信号 P_{n+m} は、受信信号入力端子 2 を介して複素乗算器 5 に入力され、時刻 $n+k$ において、受信信号 P_{n+k} は、受信信号入力端子 3 を介して複素乗算器 4 に入力される。

10 【0019】共役演算器 7 は、受信信号入力端子 1 を介して入力された受信信号 P_n の共役演算を行ない、算出された共役演算信号 7a を複素乗算器 5 へ出力する。複素乗算器 5 は、共役演算器 7 から入力された共役演算信号 7a と、受信信号入力端子 2 から入力された受信信号 P_{n+m} とで複素積を演算し、算出した複素積信号 5a を位相演算器 9 へ出力する。位相演算器 9 は、複素乗算器 5 から入力された複素積信号 5a について位相を演算し、算出した位相信号 9a を乗算器 12 へ出力する。すなわち、位相演算器 9 から出力された位相信号 9a は、
20 受信信号 P_n と受信信号 P_{n+m} との位相差信号である。

【0020】同様に、共役演算器 6 は、受信信号入力端子 1 を介して入力された受信信号 P_n の共役演算を行ない、算出された共役演算信号 6a を複素乗算器 4 へ出力する。複素乗算器 4 は、共役演算器 6 から入力された共役演算信号 6a と、受信信号入力端子 3 から入力された受信信号 P_{n+k} とで複素積を演算し、算出した複素積信号 4a を位相演算器 8 へ出力する。位相演算器 8 は、複素乗算器 4 から入力された複素積信号 4a について位相を演算し、算出した位相信号 8a を複数の乗算器 11-h
30 の一つの乗算器 11-0 と複数の加算器 10-h の各加算器とへ出力する。すなわち、位相演算器 8 から出力された位相信号 8a は、受信信号 P_n と受信信号 P_{n+k} との位相差信号である。

【0021】乗算器 11-0 は、位相演算器 8 から入力された位相信号 8a (ラジアン) に、別途、入力される値 $(2\pi kTs)^{-1}$ の係数信号を乗算し、値 $(2\pi kTs)^{-1}$ の係数信号を乗算した位相信号 11-0a (ラジアン) を、複数の入力端子を備えた比較選択器 13 の A
(0) 端子へ出力する。この比較選択器 13 の A (0)
40 端子に入力された位相信号 11-0a は、位相演算器 8 から出力される位相信号が、受信信号 P_{n+k} と受信信号 P_n との真の位相差に等しい場合の周波数偏差の候補値である。また、複数の加算器 10-h の一つの加算器 10-1 は、位相演算器 8 から入力された位相信号 8a に、別途、入力された値 $+2\pi$ の位相信号を加算し、値 $+2\pi$ を加算した位相信号 10-1a を複数の乗算器 11-h の一つの乗算器 11-1 へ出力する。乗算器 11-1 は、加算器 10-1 から入力された値 $+2\pi$ を加算した位相信号 10-1a (ラジアン) に、別途、入力された値 $(2\pi kTs)^{-1}$ の係数信号を乗算し、値 $(2\pi kTs)^{-1}$ の

係数信号を乗算した位相信号 $11_{-1}a$ (ラジアン) を比較選択器 13 の A (1) 端子へ出力する。この比較選択器 13 の A (1) 端子に入力された位相信号 $11_{-1}a$ は、位相演算器 8 から出力される位相信号に値 $+2\pi$ の位相信号を加えた位相信号が、受信信号 P_{n+k} と受信信号 P_n との真の位相差に等しい場合の周波数偏差の候補値である。

【0022】以下、同様の演算を他の加算器 10 と他の乗算器 11 とで行なって比較選択器 13 の各端子に位相信号を入力していき、最後に、位相演算器 8 から出力された位相信号に加算器 10-2s において値 $-2s\pi$ の位相信号を加算した後、乗算器 11-2s において、値 $(2\pi kTs)^{-1}$ の係数信号を乗算し、比較選択器 13 の A (2s) 端子に入力される。この比較選択器 13 の A (2s) 端子に入力された位相信号 $11_{-2s}a$ は、位相演算器 8 から出力された位相信号に値 $-2s\pi$ の位相信号を加えた位相信号が、受信信号 P_{n+k} と受信信号 P_n との真の位相差に等しい場合の周波数偏差の候補値である。一方、乗算器 12 は、位相演算器 9 から入力された位相信号 $9a$ (ラジアン) に、別途、入力された値 $(2\pi mTs)^{-1}$ の係数信号を乗算し、値 $(2\pi mTs)^{-1}$ の係数信号を乗算した位相信号 $12a$ (ラジアン) を比較選択器 13 の B 端子へ出力する。比較選択器 13 は、 $(2s+1)$ 個の A 端子入力値の中から、最も B 端子入力値に近い値の信号を選択し、選択した信号を C 端子から出力する。比較選択器 13 の C 端子から出力された信号は、選択された周波数偏差信号として周波数偏差信号出力端子 14 から他の回路へ出力される。なお、図 1 に示した実施例では、 $2q\pi$ ラジアン ($q=-z\sim+z$ 、ただし z は自然数) の位相信号を加算する時間間隔は 1 組で説明したが、複数でも良い。

【0023】つぎに、図 2 を使用して、図 1 に示した周波数偏差検出器の実施例における具体的な動作を説明する。図 2 (a) は、周波数偏差検出器に使用される信号のフレーム構成の一例で、シンボル速度は $16k$ シンボル/sec、すなわち、 $Ts=62.5\mu sec$ とし、1 フレームの長さを 128 シンボルとしている。このようなフレーム構成の伝送フレーム内には、通常、同期確立を目的とした固定シンボル系列が挿入されており、この固定シンボル系列を既知シンボルとして使用する。フレーム構成の最初の 1 フレームに示す P_n 、 P_{n+8} 、および、つぎの 1 フレーム内の P_{n+128} (最初の 1 フレームに示す P_n から、1 フレームの長さである 128 シンボルの位置にある) が、固定シンボル系列に相当する。図 2 (b) は、 P_n および P_{n+128} から演算により得られる周波数偏差列を示しており、符号 100 は周波数偏差軸を表し、符号 101_{-0} は P_n および P_{n+128} 2 つの信号の位相差から直接算出される周波数偏差を表している (周波数偏差が 0 であれば周波数偏差軸 100 上の $0Hz$ の位置となる)。また、周波数偏差 101_{-0} の他に

も、周波数偏差 101_{-0} の左右に、 $125Hz$ 間隔で周波数偏差の候補値 101_{-h} ($h=1, 2, \dots, 16$) が存在しており、これらの周波数偏差の候補値 101_{-0} 、 101_{-h} が比較選択器 13 の各端子 A の入力信号となる。

【0024】図 2 (c) は、1 フレームの中の固定シンボル系列 P_n および P_{n+8} から演算により得られる周波数偏差を示しており、符号 102 は周波数偏差軸を表し、符号 103 は P_n および P_{n+8} の 2 つの信号の位相差から算出される周波数偏差を表している (周波数偏差が 0 であれば周波数偏差軸 102 上の $0Hz$ の位置となる)。この周波数偏差の値は、 $\pm 1000Hz$ の中でただ一つ確定されるが、雑音等の影響による誤差を含んでいる。この周波数偏差の値 $12a$ が比較選択器 13 の端子 B の入力信号となる。比較選択器 13 は、各端子 A に入力された周波数偏差の値 $11a$ の中から端子 B に入力された周波数偏差 103 に最も近い周波数偏差 101_{-8} を選択し、端子 c から出力し、周波数偏差信号出力端子 14 から他の回路へ出力される。上述した例においては、精度を損なうことなく、最大周波数偏差の制限値が $\pm 62.5Hz$ から $\pm 1000Hz$ に緩和されたことになる。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、広い周波数範囲で高い精度の周波数偏差の検出を実現した周波数偏差検出器および周波数偏差検出方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による周波数偏差検出器の一実施例を示すブロック図。

【図 2】図 1 記載の実施例の具体的な動作の説明図。

【図 3】ディジタル無線機の復調部の構成を示すブロック図。

【図 4】周波数偏差の影響の説明図。

【図 5】従来技術による周波数偏差検出の原理の説明図。

【図 6】従来技術による周波数偏差検出器の構成を示すブロック図。

【符号の説明】

- 1、2、3、31、61、62 受信信号入力端子、
- 4、5、64 複素乗算器、
- 6、7、63 共役演算器、
- 8、9、65 位相演算器、
- 10 加算器、
- 11、12、66、44 乗算器、
- 13 比較選択器、
- 14、67 周波数偏差信号出力端子、
- 32 同期検波器、
- 33、34 低域通過フィルタ、
- 35、36 A/D変換器、
- 37、38 受信フィルタ、

13

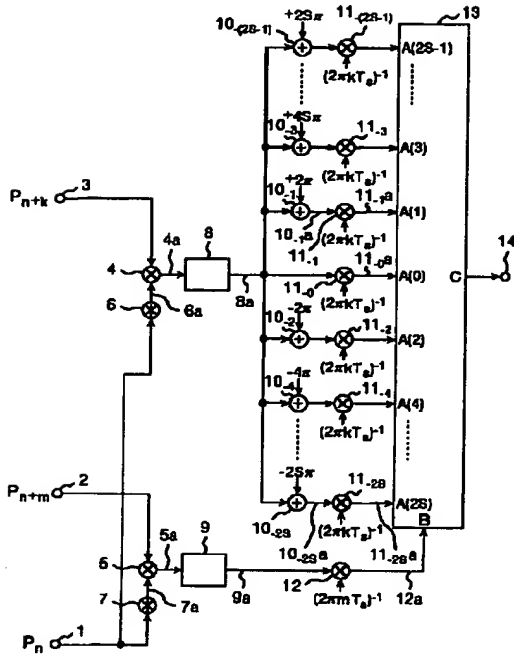
14

- 39、40 サンプラ、
41 同相成分出力端子、
42 直交成分出力端子、
43 周波数偏差検出器、

- 45 ループフィルタ、
46 積分器、
47 電圧制御発振器。

【図1】

図 1

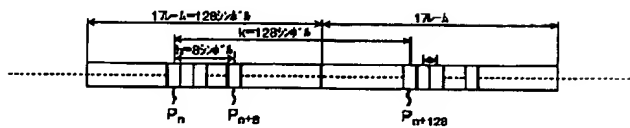


- 1, 2, 3...受信信号入力端子 4, 5...複素乗算器 6, 7...共役演算器
8, 9...位相演算器 10...加算器 11, 12...乗算器 13...比較選択器
14...周波数偏差信号出力端子

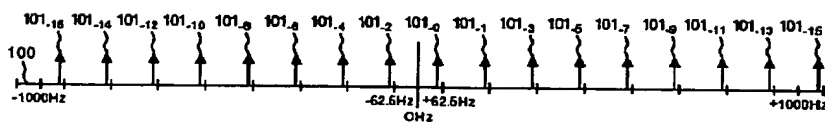
【図2】

図 2

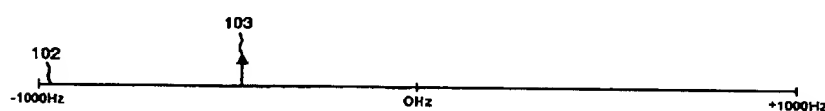
(a)



(b)

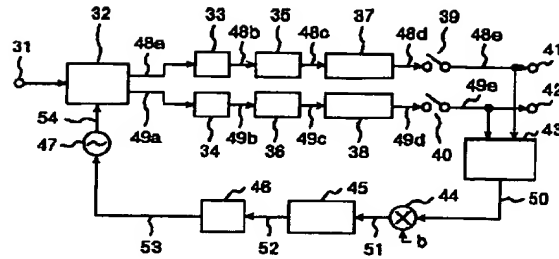


(c)



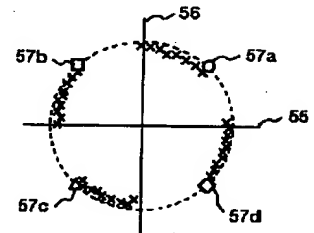
【図3】

図 3



【図4】

図 4



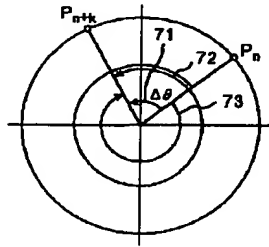
【図 5】

図 5

(a)



(b)



【図 6】

図 6

